

Form Factor : 
$$FF = \frac{V_{o(rms)}}{V_{o(dc)}}$$

DC Murni  $FF=1$

DC Tidak Murni  $FF$  tidak sama dengan 1

Ripple Factor : 
$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{o(dc)}} \text{ prosentase}$$

$\Delta V_o$  : Tegangan ripple puncak ke puncak

DC Murni komponen ac:  $V_{ac}=0$ ;  $RF=0$ ;  $\Delta V_o=0$

DC Tidak Murni  $RF > 0$ ;  $V_{ac}>0$ ;  $\Delta V_o > 0$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.34

baik minggu lalu kita sdh membahas parameter kinerja dari rectifier yg paling sederhana yaitu hwr 1 phasa. ini menjadi dasar untuk semua rangkaian rectifier baik satu phasa maupun tiga phasa

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.34

sisi output rectifier bisa ditinjau dalam 2 kategori, yaitu nilai dc yg dilihat dari besarnya tegangan output dc  $V_{o(dc)}$  dan faktor bentuk  $FF= V_{o(rms)}/V_{o(dc)}$ . Syarat dc murni  $V_{o(dc)}=V_{o(rms)}$  dan  $FF=1$  atau 100%

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.35

DC tidak murni :  $V_o(\text{dc})$  tidak sama dengan  $V_o(\text{rms})$  dan  $\text{FF} > 1$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.35

Tinjauan kedua dari sisi AC yg dilihat dari nilai  $\Delta V_o$  (ripple tegangan output); kandungan kompoenen AC atau  $V_{ac}$  dan Ripple Factor (RF)

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.35

lihat syarat kemurnian dc dan ketidakmurnian dc pada silde 26

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.36

secara praktis/praktek bagaimana mendapatkan nilai2 tersebut

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.36

$V_o(\text{dc})$  didapat dari Voltmeter dc

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.37

$V_o(\text{rms})$  biasanya tidak ada alat ukur yang langsung menunjuk nilai ini. Jika output rectifier diukur dengan Voltmeter ac umumnya akan menunjuk nilai komponen ac nya atau  $V_{ac}$ . sehingga  $V_o(\text{rms})$  praktisnya didapat dari rumus:  $V_{ac} = \sqrt{V_o(\text{rms})^2 - V_o(\text{dc})^2}$

## **(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.37

sperti pada slide 25

## **(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.39

sebenarnya ada juga alat yg bisa langsung mendapatkan  $V_o(\text{rms})$  seperti fluke 41.b untuk power harmonics. tapi itu snagat mahal. yang bisa kita gunakan adalah true rms voltmeter, yang kalau digunakan mengukur output rectifier pada setelan ac akan menunjuk komponen ac atau  $V_{ac}$

## **(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.40

sementara itu kalau di simulasi PSIM yang terukur justru nilai  $V_o(\text{rms})$  nya. Sehingga  $V_{ac}$  didapat dari perhitungan

## Performance parameters

$$\text{DC Output Power: } P_{o(dc)} = V_{o(dc)} \times I_{o(dc)}$$

$$\text{AC Output Power: } P_{o(ac)} = V_{o(rms)} \times I_{o(rms)}$$

$$\text{Efficiency: } \eta = \frac{P_{o(dc)}}{P_{o(ac)}}$$

$$\text{Form Factor : } FF = \frac{V_{o(rms)}}{V_{o(dc)}}$$

$$\text{Ripple Factor : } RF = \frac{V_{ac}}{V_{o(dc)}}; \quad V_{ac} = \sqrt{V_{o(rms)}^2 - V_{o(dc)}^2}$$

$$RF = \sqrt{\left(\frac{V_{o(rms)}}{V_{o(dc)}}\right)^2 - 1} = \sqrt{FF^2 - 1}$$

27

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.41

parameter unjuk kerja rectifier yang lain adalah seperti tertera pada slide 27

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.41

Daya output dc  $P_{o(dc)} = \dots$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.41

Daya output ac  $P_{o(ac)} = \dots$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.42

Efisiensi sama dengan:  $P_o/P_{in}$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.42

$P_o$  yg dimaksud adalah daya output dc

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.43

sementara itu  $P_{in}$  adalah daya output sisi input atau  $P_{in}(ac)$ . dan  $P_{in}(ac)$  itu akan sama dengan  $P_o(ac)$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.43

sehingga dari sini bisa didapat efisiensinya

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.44

selanjutnya adalah form factor atau FF

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.44

dan Ripple Factor (RF) yang bisa dicari dari beberapa rumus seperti pada slide 27

## Performance parameters

$$\text{Transformer Ratio: } a = \frac{V_{s(\text{primer})}}{V_{s(\text{sekunder})}}$$

Transformer Utilization Factor (TUF):

$$TUF = \frac{P_{o(dc)}}{V_{s(rms)} \times I_{s(rms)}} = \frac{V_{o(dc)}^2 / R}{V_{s(rms)} \times V_{o(rms)} / R} = \frac{V_{o(dc)}^2}{V_{s(rms)} \times V_{o(rms)}}$$

$$\text{Crest Factor: } CF = \frac{I_{s(\text{peak})}}{I_{s(rms)}}$$

Power Factor :

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{V_{o(rms)}^2 / R}{V_{s(rms)} \times I_{s(rms)}} = \frac{V_{o(rms)}^2 / R}{V_{s(rms)} \times V_{o(rms)} / R} = \frac{V_{o(rms)}}{V_{s(rms)}}$$

28

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.44

yang berikutnya yang penting adalah power factor atau pF

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.45

pF = P/S; perbandingan daya aktif (P) terhadap daya semu atau daya total (S)

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.46

power factor diukur di sisi input (ac) . maka yang dimaksud P di sini adalah Pin(ac) dan Pin(ac) = Po(ac)

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.46

S adalah daya semu .  $S = V_s(\text{rms}) * I_s(\text{rms})$ . pada HWR didapat  $I_s(\text{rms}) = I_o(\text{rms})$ . Perhatikan rangkaiannya. Maka  $I_s(\text{rms}) = I_o(\text{rms}) = V_o(\text{rms})/R$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.46

sehingga pada HWR , power factor  $pF = V_o(\text{rms})/V_s(\text{rms})$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.48

TUF dan crest factor sepertinya tidak perlu kita bahas sekarang

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.48

dengan demikian semua parameter unjuk kerja rangkaian penyearah terutama HWR 1 phasa sdh dibahas. Ini akan sangat menentukan untuk bahan perbandingan semua jenis rangkaian rectifier

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.49

Dan solusi untuk mendapat unjuk kerja yg lebih bagus dengan memasang filter kapasitor juga sdh dibahas berdasarkan standar dan rekomendasi yg ditetapkan untuk beban dc

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.49

Ok, sebenarnya masih ada satu komposisi beban rectifier yaitu beban Resistor seri dengan Induktor. Mungkin kita pending dulu. kalau ada waktu nanti bisa kita bahas

karena ini cukup kompleks

## FULL WAVE RECTIFIER

- The objective of full wave rectifier is to produce a voltage or current which is **purely dc or has some specified dc component**.
- While the purpose of full wave rectifier is **basically the same as that of half-wave rectifier**, full wave rectifier have some fundamental advantages.
- The output of the full wave rectifier has inherently **less ripple** than half wave rectifier.

Baik. Sekarang masuk ke tipe 2 dari rangkaian rectifier 1 phasa yaitu FWR atau Full-wave Rectifier

Tujuannya adalah memperbaiki performansi rangkaian HWR agar diperoleh ripple tegangan output yang lebih kecil



(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT

14.52

rangkain FWR ada 2 tipe yaitu: 1. tipe jembatan dengan 4 diode

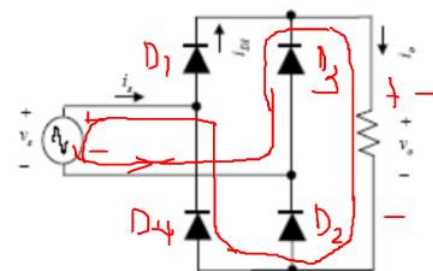
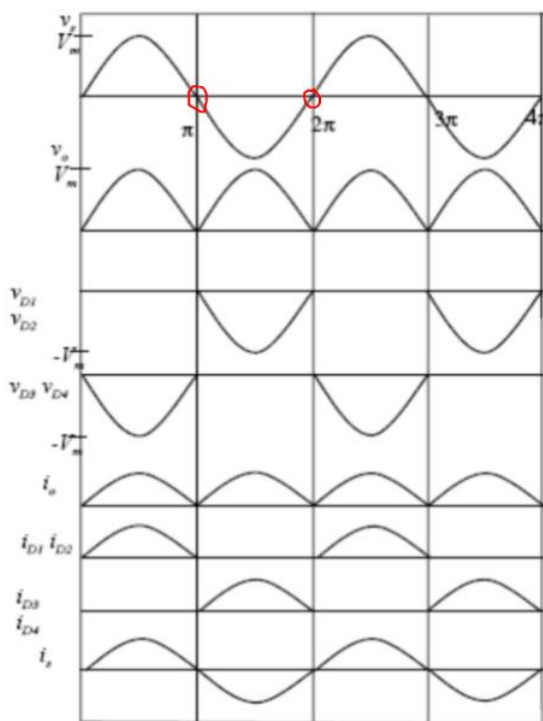
dan kedua tipe center-tap yang hanya menggunakan 2 dioda karena menggunakan trafo center-tap

(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT

14.52

tahu tafo center tap ya??

## Bridge waveforms



$\pi - 2\pi$  —  $D_3$  ON  $D_4$  ON  
 $D_1, D_2$  OFF  
 $V_o = -V_s$



**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.53

slide 57 menunjukkan kedua tipe FWR

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.54

sekarang kita bahas FWR menggunakan 4 dioda atau tipe jembatan

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.55

Pada rangkaian ini, pada saat  $V_s$  siklus positif ( $0-\phi$ ) maka D1 dan D2 ON (D3 & D4 OFF) arus mengalir dari sumber melalui D1 menuju beban dan D2 kembali ke sumber. maka pada beban tegangan sama dengan tegangan input.  $V_o = V_s = V_m \sin \omega t$

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.55

pada saat  $V_s$  siklus negatif ( $\phi - 2\phi$ ) maka D3 & D4 ON dan D1 dan D2 OFF. arus mengalir dari sumber melalui D3 menuju beban dan D4 kembali ke sumber. maka pada beban mendapat tegangan positif atau tegangan sama dengan minus tegangan input.  $V_o = -V_s = -V_m \sin \omega t$

## FULL WAVE RECTIFIER

- However, the diodes ratings for center-tapped is twice than bridge.

$$V_o = \begin{cases} V_m \sin \omega t & \text{for } 0 \leq \omega t \leq \pi \\ -V_m \sin \omega t & \text{for } \pi \leq \omega t \leq 2\pi \end{cases}$$

- The voltage across a resistive load for the bridge rectifier



**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.56

sehingga bisa disimpulkan tegangan output mempunyai fungsi seperti ditunjukkan pada slide 60

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.57

Coba nanti buat rangkaian ekuivalen state ON dan state OFF. Bisa ya??

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

14.57

yaitu saat dioda on skalar nutup, saat dioda off saklar terbuka. nanti digambar tegangan on-off dioda dan cari Von dan Voff diode

$$V_{o(dc)} = \frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} -V_m \sin \omega t d(\omega t) \right)$$

$$V_{o(dc)} = \frac{2V_m}{\pi}$$

$$I_{o(dc)} = \frac{V_{o(dc)}}{R} = \frac{2V_m}{\pi R}$$

61

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.00

dari slide 60 dan fungsi Vo maka kita bisa menentukan Vo(dc) dan Vo(rms)

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.01

Vo(dc) bisa dietntukan dengan perumusan pada slide 61. yang didapat bahwa Vo(dc)= 2Vm/phi. Nanti silahkan dibuktikan (jadi tugas)



$$V_{o(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} (V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} (-V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) \right)}$$
$$V_{o(rms)} = V_{s(rms)}$$

62



**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.03

yang berikutnya menentukan nilai  $V_o(rms)$ .

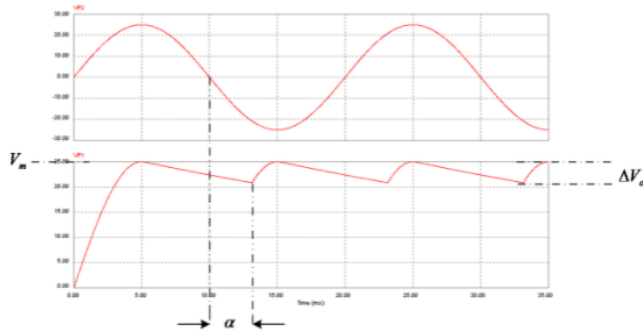
Dengan cara yang sama pada HWR kita bisa menentukannya  $V_o(rms)$  via rumus integral pada slide 64 yang akan didapat nilai  $V_o(rms) = V_s(rms)$ . BUKTIKAN

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.03

slide 62 maksudnya...

## Full-wave with R-C load (Ripple Voltage)



Ripple can be approximated as:

$$\Delta V_o = V_m \left( \frac{\pi}{\omega RC} \right) = \left( \frac{V_m}{2fRC} \right)$$

- the average output voltage:

$$V_{o(dc)} = V_m - \left( \frac{\Delta V_o}{2} \right)$$

- The ripple factor:

$$RF = \frac{V_{ac}}{V_{dc}}; \quad \text{where: } V_{ac} = \frac{\Delta V_o}{2\sqrt{2}}; \quad V_{dc} = V_{o(dc)}$$

67

(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT

15.05

BAIK. BERIKUTNYA YANG TERKAHIR UNTUK FWR 1 PH

(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT

15.05

yaitu menentukan nilai kapasitor filter output

(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT

15.06

pada slide 67. dengan cara yang pada HWR yang telah kita bahas sebelumnya maka akan diperoleh rumus  $\Delta V_o = V_m / (2fRC)$

---

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.07

dari rumus  $\Delta V_o$  tersebut diketahui bahwa nilai  $\Delta V_o$  pada FWR 1ph akan lebih kecil dari HWR 1ph. perhatikan pembagiannya 2 kali. artinya ini kan menghasilkan ripple setengah dari ripple pada HWR.

---

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.08

demikian juga seterusnya akan menghasilkan RF yang lebih kecil,  $V_{ac}$  yang lebih kecil dan FF yang lebih dekat dengan 1 karena akan lebih mendekati dc murni

1. Pada Single Phase Uncontrolled FWR, Buktikan bahwa:

a.

$$V_{o(dc)} = \frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} V_m \sin \omega t d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} -V_m \sin \omega t d(\omega t) \right)$$
$$V_{o(dc)} = \frac{2V_m}{\pi}$$

b.

$$V_{o(rms)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left( \int_0^{\pi} (V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) + \int_{\pi}^{2\pi} (-V_m \sin \omega t)^2 d(\omega t) \right)}$$
$$V_{o(rms)} = V_{s(rms)}$$

2. Buat rangkaian ON-OFF State pada Single Phase Uncontrolled FWR dan tentukan Von dan Voff pada Dioda dan urutan gelombang Vs; Vo dan VD

3. Diketahui single phase uncontrolled full-wave rectifier mendapatkan suplai dari tegangan AC 220 Vrms; f=50 Hz di step-down dengan transformator dengan perbandingan 6:1.

- a. Jika rectifier tersebut mensuplai beban resistor 100 ohm, tentukan FF, RF,  $\Delta V_o$ , Efisiensi dan pF
- b. Jika rectifier tersebut pada soal a dipasang kapasitor filter 1000 $\mu$ F, tentukan FF, RF,  $\Delta V_o$ .
- b. Pada soal a, jika diinginkan  $\Delta V_o = 0,5 \%$  terhadap  $V_{max}$ , tentukan nilai kapasitor filternya
- c. Pada soal a, jika diinginkan ripple factor tegangan outputnya memenuhi standard internasional, tentukan nilai kapasitor filternya
- d. Buat simulasi dengan PSIM untuk soal a, b, c, d (hitung semua parameter unjuk kerja FF, RF,  $\Delta V_o$  dari tampilan gelombang hasil simulasi dan bandingkan dengan perhitungan teori)

**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.09

Dan pengendapan nanti ada tugas soal yang kemarin untuk HWR diubah jadi FWR sekaligus membuat komparasinya. misal FF akan lebih baik berapa persen. delta\_Vo turun berapa prosen jika dibanding HWR dll





**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.10

sekarang dicoba soal no 3 dulu. sy ingin lihat progresnya sampai jam 16.00 nanti



**(Dosen) Ir Moh. Zaenal Efendi MT**

15.11

kalau ada yg sdh selesai misal a dan b bisa dikirim ke email sy [zenefendi@gmail.com](mailto:zenefendi@gmail.com) untuk sy tampilkan di slide ini